

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: YUJI ENOMOTO ET AL  
Serial No.: NOT YET ASSIGNED  
Filed: JULY 17, 2003  
Title: EPICYCLOIDAL MOTOR

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

July 17, 2003

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 2002-212066 filed in Japan on 22 July 2002, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,



Gary R. Edwards  
Registration No. 31,824

CROWELL & MORING, LLP  
Intellectual Property Group  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844  
GRE:kms

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年 7月22日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-212066

[ST.10/C]:

[JP2002-212066]

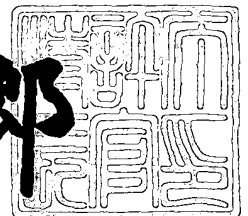
出 願 人  
Applicant(s):

株式会社日立製作所  
日本サーボ株式会社

2003年 3月14日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3016121

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT02P0442

【提出日】 平成14年 7月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H02K 3/18

【発明者】

    【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内

    【氏名】 榎本 裕治

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区神田美土代町7番地 日本サーボ株式会社 社内

    【氏名】 虻川 俊美

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区神田美土代町7番地 日本サーボ株式会社 社内

    【氏名】 茂木 康彰

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区神田美土代町7番地 日本サーボ株式会社 社内

    【氏名】 羽鳥 早千雄

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区神田美土代町7番地 日本サーボ株式会社 社内

    【氏名】 安藤 隆司

【特許出願人】

    【識別番号】 000005108

    【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【特許出願人】

【識別番号】 000228730

【氏名又は名称】 日本サーボ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】 外転型モータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の分割コア片を組み合わせて形成される固定子コアと、該固定子コアのスロットに巻装される固定子巻線の導体とを有する外転型モータにあって、

前記導体の総有効断面積（絶縁等の被膜を含む）と、前記スロットの有効断面積との比率を 0.5～0.8 としたことを特徴とする外転型モータ。

【請求項 2】

複数の分割コア片を組み合わせて形成される固定子コアと、該固定子コアのスロットに巻装される固定巻線の導体とを有する外転型モータにあって、

前記分割コア片としてのティースは、ティース基部と、該ティース基部から外周方向に延在するティース柱部と、該ティース柱部の先端両側に円周方向に延びるティースつば部とを有し、かつティースつば部の内周側およびティース柱部の両脇側で前記スロットを形成し、

前記導体の総有効断面積（絶縁等の被膜を含む）と、前記スロットの有効断面積との比率を 0.5～0.8 とし、

前記ティースつば部の外周を円弧に形成し、かつ外周両端に平坦傾斜部を設けたことを特徴とする外転型モータ。

【請求項 3】

請求項 2 記載の外転型モータにおいて、

前記固定子コアの中心から見た前記平坦傾斜部の範囲角度と、前記固定子コアの中心から見た前記円弧の範囲角度との比を 0.2～0.75 としたことを特徴とする外転型モータ。

【請求項 4】

複数の分割コア片を組み合わせて形成される固定子コアと、該固定子コアのスロットに巻装される固定子巻線の導体とを有する外転型モータにあって、

前記分割コア片としてのティースは、ティース基部と、該ティース基部から外周方向に延在するティース柱部と、該ティース柱部の先端両側に円周方向に延び

るティースつば部とを有し、かつティースつば部の内周側およびティース柱部の両脇側で前記スロットを形成し、

前記導体の総有効断面積（絶縁等の被膜を含む）と、前記スロットの有効断面積との比率を0.5～0.8とし、

隣接する前記ティースつば部の端部間の隙間を前記固定子コアの中心から見たスロット入口オープン角度と、前記ティースの配置間隔角度の比を0.04～0.3としたことを特徴とする外転型モータ。

【請求項5】

複数の分割コア片を組み合わせて形成される固定子コアと、該固定子コアのスロットに巻装される固定子巻線の導体と、固定子コアの外周側で回転する回転子と、該回転子に設けられ、かつ固定子コアの外周と対向するように配置される回転子磁石とを有する外転型モータにあって、

前記回転子の回転軸心方向に沿った前記回転子磁石の軸心方向厚みと、前記固定子コアの軸心方向厚みとの比を0.6～0.9とし、

前記導体の総有効断面積（絶縁等の被膜を含む）と、前記スロットの有効断面積との比率を0.5～0.8としたことを特徴とする外転型モータ。

【請求項6】

複数の分割コア片を組み合わせて形成される固定子コアと、該固定子コアのスロットに巻装される固定子巻線の導体と、複数の前記分割コア片を結合する環状のハウジングとを有する外転型モータにあって、

前記分割コア片としてのティースは、ティース基部と、該ティース基部から外周方向に延在するティース柱部と、該ティース柱部の先端両側に円周方向に延びるティースつば部とを有し、かつティースつば部の内周側およびティース柱部の両脇側で前記スロットを形成し、

前記導体の総有効断面積（絶縁等の被膜を含む）と、前記スロットの有効断面積との比率を0.5～0.8とし、

前記ハウジングへの結合により、隣接する前記ティース基部が互いに押付けられる結合後の残留応力が50MPa以下であることを特徴とする外転型モータ。

【請求項7】

複数の分割コア片を組み合わせて形成される固定子コアと、該固定子コアのスロットに巻装される固定子巻線の導体とを有する外転型モータにあって、

前記分割コア片としてのティースは、ティース基部と、該ティース基部から外周方向に延在するティース柱部と、該ティース柱部の先端両側に円周方向に延びるティースつば部とを有し、かつティースつば部の内周側およびティース柱部の両脇側で前記スロットを形成し、

前記ティース柱部の外周側端部幅を前記固定子コアの中心から見たティース柱部幅角度と、前記ティースの配置間隔角度の比を  $0.18 \sim 0.34$  とし、

前記導体の総有効断面積（絶縁等の被膜を含む）と、前記スロットの有効断面積との比率を  $0.5 \sim 0.8$  としたことを特徴とする外転型モータ。

#### 【請求項 8】

複数の分割コア片を組み合わせて形成される固定子コアと、該固定子コアのスロットに巻装される固定子巻線の導体と、固定子コアの外周側で回転する回転子と、該回転子に設けられ、かつ固定子コアの外周と対向するように配置される回転子磁石と、該回転子磁石の磁極位置を検知するホール素子などの磁極検出用センサを有する外転型モータにあって、

前記磁極検出用センサは前記スロットの中心を通る基準線より電流が進む方向へ電気角で  $10 \sim 20$  度移動させたところに位置し、

前記導体の総有効断面積（絶縁等の被膜を含む）と、前記スロットの有効断面積との比率を  $0.5 \sim 0.8$  としたことを特徴とする外転型モータ。

#### 【請求項 9】

請求項 1 ～ 8 のいずれか一つに記載された外転型モータであって、

前記導体は断面が円形のものをを用い、かつ前記巻装が整列巻きであることを特徴とする外転型モータ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、ファン用モータ、ディスク駆動用モータ等の小形、高トルクの外転型電動機の固定子コア構造に関するものである。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

内転型モータの固定子構造としては、巻線占積率を向上するための施策として、固定子コアをその極毎に分割し、その分割コア片同士をレーザー溶接により締結する、または、内周側が円筒状のハウジングに圧入、焼嵌めを行うといった方法が主流であった。

## 【 0 0 0 3 】

しかし、外転型モータの固定子については、そのティース（分割コア片）としての磁極が内周側から外周に向かう方向に放射状に配置され、外周部分で磁石回転子との磁気的なギャップを構成する構造のため、外周部分から分割コア片同士の締結を行うことは困難で、また、ハウジングのような部材を外周部から焼嵌め、圧入することもできない。このことから、外転型モータの固定子や、巻線型直流モータの回転子などでは固定子コアを分割して組立する分割コア工法の採用が困難であった。

## 【 0 0 0 4 】

この外転型モータの固定子コアを分割した構造に関する従来技術としては、特開 2 0 0 1 - 2 3 9 1 4 2 号公報、特開 2 0 0 1 - 3 8 0 8 3 0 号公報などが提案されてきた。これらの公報の固定子構造は、外転型モータの固定子コアを円周方向に複数に分割する構造を有し、その分割された分割コア片のそれぞれに、内周側にありほぞ形状の凹部または凸部を設け、また、その分割コア片の内周部に配置されるハウジングに分割コア片と嵌合可能な凸部または凹部を設ける。そのハウジングは、焼嵌めを行うものとし、嵌合部の寸法関係は焼嵌め前に熱によって膨張している状態で嵌合部に組立のための隙間を有する寸法関係として締結できるようにしたものである。

## 【 0 0 0 5 】

以上の外転型モータの分割コア工法を用いる場合には、従来の一体型のコアに対してモータ設計の自由度が大きくなる。しかし、従来例では外転型モータのコア分割を考慮したモータ設計がなされていなかったため、分割コアに最適なモータ構造を採ることができていなかった。



## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記従来技術においては、外転型モータの分割コアを行うことにより、巻線の占積率が向上でき、トルク向上と放熱性向上によって小形化が可能になると予測できる。しかし、分割されたコアでのモータ特性の最適化は行われておらず、一体のコアの場合との損失の発生メカニズムの違いや、限界設計領域がどのようなモータ構造で実現できるかが不明であった。

## 【0007】

一体コアの場合、ティースのスロット部に巻線を直に巻きつけできないため、ティース先端部側、すなわち、外周側からスロットオープン溝に線材を滑り込ませて巻線する方法や、スロットオープン溝に線材径よりも太い巻線ノズルを通して巻線する方法が採られていた。これらの方法は、線材を滑り込ませる方法のため乱巻となり、線材同士のクロスが発生し、占積率を低下させる。また、巻線ノズルでの巻線は、最終的に線材の径よりも太いノズルが入る部分を残さなければならぬため、その分だけ無駄な隙間が残ってしまい、巻線占積率を低下させる。よって、一体コアの巻線ではスロットの巻線可能領域、すなわち、スロット断面積から絶縁物の断面積を差引いた領域における被膜を含む線材の断面積の比率である占積率は50%以下となっていた。

## 【0008】

一方、分割して再組立する分割コア固定子を採用したモータは、巻線占積率を向上することが可能であり、また、分割コア固定子組立前に巻線を行うため、スロットオープン寸法も、線材径、巻線ノズル径に関係なく自由に設定することができる。しかしながら、今までのモータでは、線材を入れる隙間の小さいものの試作評価は困難であったため、そのようなモータの特性が把握されておらず、データベースが無い場合分割コア固定子モータの最適設計構造がどのような構造にあるのかが不明であった。

## 【0009】

本発明の目的は、上記課題を解決すべく、外転型モータの分割された分割コア片を組立したコア固定子が最適性能を実現するために必要な固定子コア形状、及

び巻線仕様を明確にし、高効率で小形のモータを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、固定子コアのスロットに巻装される固定子巻線の導体とを有する外転型モータにあって、導体の総有効断面積（絶縁等の被膜を含む）と、スロットの有効断面積との比率を0.5～0.8としたことを特徴とする。

【0011】

これにより、スロットに占める導体の占有率、つまりスペースファクターが向上してモータの銅損が減少し、モータ特性が良くなる。

【0012】

より具体的には、上記比率（0.5～0.8）に加え、ティースつば部の外周を円弧に形成し、かつ外周両端に平坦傾斜部を設け、固定子コアの中心から見た平坦傾斜部の範囲角度と固定子コアの中心から見た円弧の範囲角度との比を0.2～0.75としたことを特徴とする。また隣接するティースつば部の端部間の隙間を固定子コアの中心から見たスロット入口オープン角度とティースの配置間隔角度の比を0.04～0.3とし、回転子の回転軸心方向に沿った回転子磁石の軸心方向厚みと固定子コアの軸心方向厚みとの比を0.6～0.9としたことを特徴とする。さらに隣接するティース基部が互いに押付けられる結合後の残留応力が50MPa以下とし、ティース柱部の外周側端部幅を固定子コアの中心から見たティース柱部幅角度とティースの配置間隔角度の比を0.18～0.34としたことを特徴とする。さらにまた磁極検出用センサがスロットの中心を通る基準線より電流が進む方向へ電気角で10～20度移動させたところに位置することを特徴とする。

【0013】

このように固定子コアの形状、及び固定子巻線の仕様を決定することにより、モータ特性が最大となるようにすることができる。固定子コアの形状やモータ巻線の仕様を決定するためにロバストデザイン的手法を用いてモータの各パラメータとモータ特性（効率）の関係を調査した結果から得た数値を適用することで、

分割コア時の最適モータ構成を実現することが可能となったのである。

【0014】

【発明の実施の形態】

本発明に係るモータの実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0015】

図1には、本発明に係るモータの一実施の形態である基本的な外転型モータの固定子コア構造を示す。この例では、回転子磁石が10極、固定子コアの極数が12の例を示している。この固定子コア構造は外転型モータの回転子コア2を円周方向に複数に分割する構造を有し、その分割された分割コア片のそれぞれに、内周側にあり形状の凹形状の嵌合部2aを設け、また、その分割コア片の内周部に配置される円筒状のハウジング1に分割コア片側と嵌合可能な凸形状の嵌合部1aを設けた構造とする。

【0016】

この回転子コアについて更に詳しく述べる。

【0017】

回転子コア2は複数の分割コア片を組み合わせて形成される。

【0018】

分割コア片は、夫々が固定子鉄心の磁極としてのティースになる。各ティースは、ティース基部と、該ティース基部から外周方向に延在するティース柱部と、該ティース柱部の先端両側に円周方向に延びるティースつば部とを有する。そして、ティースつば部の内周側とティース柱部の両脇側で、固定子巻線が巻装されるスロットが形成される。

【0019】

ティース柱部は内周側端部（ティース基部側）から外周側端部（ティースつば部側）まで同じ幅である。固定子巻線の導体（断面が円形）は、分割コア片を組み合わせて前にティースに巻装する。一体型の回転子コアと違い、導体はティース柱部の周囲に直接巻くことができるので、積み重なる俵のような整った整列巻に巻かれる。乱巻にならないので固定子巻線の導体は、無駄なスペースができることなく、整列巻の状態でスロットに収まる。

## 【 0 0 2 0 】

図 1 ( a ) に外転型モータ固定子とハウジングの組立を説明する斜視図を示す。

## 【 0 0 2 1 】

各々の分割コア片のティース基部とハウジング 1 を結合することで組み合わされる。ティース基部とハウジング 1 の結合部には、ありほぞ形状が備わっているため堅牢なる結合締結が得られる。

## 【 0 0 2 2 】

そのハウジング 1 は、固定子コア 2 への焼嵌め組立を行うものとし、焼嵌め前にハウジング 1 のみ加熱炉などの手段を用いて温度を上昇させ、常温の固定子コア 2 よりも高い温度を保ったまま固定子コア 2 へ焼嵌めする方法を用いる。この例では、ハウジングの材料を高膨張材料のアルミニウムとしている。ハウジングの材料は固定子コアの材料である鉄よりも線膨張係数が大きく、比較的機械的強度の高いものが望ましく、たとえばアルミニウム合金、亜鉛合金、銅合金、マグネシウムなどが適していると思われるがこの限りではない。焼嵌め後のハウジングは内周方向に収縮し、もとの寸法に戻ろうとする応力を与えつづけることになるため、分割されたコア 2 を内径側へ向かって引き寄せる効果をもつ。この効果により、コア同士（隣接するティース基部同士）が互いに押し付け合うように締結することができる。

## 【 0 0 2 3 】

この固定子コア 2 のティースつば部は、外周が円弧に形成され、かつ外周両端側に平坦傾斜部が形成されている。この平坦傾斜部は端側になるにしたがって固定子コア 2 の中心に近づく傾きをもっている。ティースつば部の外周は、中央が円弧の形状を有し、両端側が平坦傾斜部になっているのである。

## 【 0 0 2 4 】

図 5 に示すように、固定子コア 2 の中心から見た前記平坦傾斜部の範囲角度（ $\theta_3$ ）（平坦傾斜部の片側）と、同じく固定子コア 2 の中心から見た前記円弧の範囲角度（ $\theta_2$ ）（円弧の半分）との比を 0.7～0.75 とした。また図 6 に示すように、隣接するティースつば部の端部間の隙間を固定子コアの中心から見

たスロット入口オープン角度 ( $\theta_s$ ) と、ティースの配置間隔角度 ( $\theta_1$ ) の比を 0.04~0.3 とした。さらに図 7 に示すように、回転子の回転軸心方向に沿った前記固定子コアの軸心方向厚み ( $t_1$ ) と、前記回転子磁石の軸心方向厚み ( $t_2$ ) との比を 0.6~0.9 とした。さらにまた図 8 に示すように、ハウジングへの結合により、隣接するティース基部が互いに押付けられる結合後の残留応力が 50 MPa 以下になるようにした。また図 9 に示すように、ティース柱部の外周側端部幅を固定子コアの中心から見たティース柱部幅角度 ( $\theta_t$ ) と、ティースの配置間隔角度 ( $\theta_1$ ) の比を 0.18~0.34 とした。

## 【0025】

次にこの分割された固定子コアの詳細寸法関係を実験結果を基に説明する。

## 【0026】

まずは、固定子巻線がスロットに占める占積率について図 2 を用いて説明する。通常、固定子コアへの巻線は巻線ボビンなどの絶縁物をコアに設けたティースの表面に被せて巻線を行なう。このとき、巻線ができる領域（有効断面積）は、コアのスロットの断面積から絶縁物の断面積を差引いた部分となり、数式 1 の分母に示すところになる。

## 【0027】

## 【数 1】

$$S.F. = \frac{N \cdot \pi d^2 / 4}{(L_1 + L_2) L_3 / 2} \quad N: \text{巻線巻数}$$

また、巻線の総有効断面積（導体を被覆する絶縁物を含む）は、数式 1 の分子に示す断面積となり、その巻線可能領域に対する比率を占積率（S. F.）と定義すると、数式 1 に示す計算式で計算できる。

## 【0028】

この巻線占積率は、分割でない従来の一体型の固定子コアにあっては低くなる。一体型の固定子コアでは、隣接するティースつば部端の間（すなわち、スロット入口オープン溝）に導体（線材）を滑り込ませて巻線する方法や、スロット入口オープン溝に線材径よりも太い巻線ノズルを通して巻線する方法が採られる。このため、ティースのスロットに巻線を直に巻きつけできなく、巻置される巻線

は乱巻となり、線材同士のクロスが発生し、無駄な空間が増すため占積率が低下する。

#### 【 0 0 2 9 】

また、巻線ノズルでの巻線は、最終的に線材の径よりも太いノズルが入る部分を残さなければならないため、その分も無駄な空間（隙間）を増やす要因になり、巻線占積率を低下させる。よって、一体型の固定子コアの巻線ではスロットの巻線可能領域、すなわち、スロットの断面積から絶縁物の断面積を差引いた領域（有効断面積）における被膜を含む線材の断面積（総有効断面積）の比率である占積率は 5 0 % 以下となっていた。

#### 【 0 0 3 0 】

本発明にあっては、固定子コアを分割することによって、図 2 の右側のスロットに図示するように、線材を倵積み状に整列して巻き上げることが可能になるため、高い占積率が期待できる。しかし、丸線（断面が円形の導体）の場合には、倵積み状に整列巻線しても、線材間の隙間が残るため、理論限界がある。その理論限界占積率は、0. 8 程度である。

#### 【 0 0 3 1 】

実際のモータのスロットは、ボビン等の絶縁物と固定子コアとの組立に必要な隙間や、その形状が台形状であるが故に線材が配置できない個所があるので、0. 8 以下になるが、理論値に可能な限り、近づけることを目標に 0. 8 を占積率の限界とした。

#### 【 0 0 3 2 】

このように従来の一体型固定子コアでは得ることが出来なかった 0. 5 ～ 0. 8 の巻線占積率を実現することによって、一体コアよりも高いモータ効率を得ることができる。このとき、モータの回転数や、電流量によって巻回数と線径が異なるが、巻回数が少ない場合はできるだけ線径を太くして、占積率を上記の範囲に設定することで、抵抗値を低減でき、銅損低減して効率の高いモータを得ることができる。

#### 【 0 0 3 3 】

ここで、モータの効率について説明を加える。

## 【 0 0 3 4 】

モータ効率  $\eta$  = 出力 (W) / 入力 (W)

出力 (W) = 入力 (W) - 損失

損失 = 銅損 + 鉄損

銅損 =  $I^2 R$

-  $R \propto S F$  (巻線占積率)

上記の関係式より、巻線占積率 (S F) が大きくなると銅損が減少し、モータの効率が向上することが理解できる。

## 【 0 0 3 5 】

次に図 3 に、考えられるパラメータを変更してモータ効率を評価した実験結果を示す。この実験結果は、それぞれ独立に各パラメータの効果を表している。まず、コアの材料はグレードが高い材料、すなわち、鉄損値の低いとされる材料の方がモータ効率は高くなる傾向にある。

## 【 0 0 3 6 】

また、オープンスロット幅 (スロット入口オープン角度) に関しては、特性結果に山がある結果となり、中～太条件の間に最適値があると思われる。

## 【 0 0 3 7 】

ティースつば部の形状に関しては、図 4 に示す 3 種類の形状について評価した。その結果、内側のベベリング (内側平坦傾斜部) よりも外側の両側に平坦傾斜部を設けた方が効率が高いことが判明した。また、巻数と線径はそれぞれ多く巻き、太いほど良いことが確認できた。従って、占積率を向上することは即、効率向上につながることをわかる。また、固定子コアの軸方向積厚も山をもつ結果となり、最適値があるとわかる。さらに固定子コアを構成する分割コア片、すなわち、ティースのティース基部の締結 (隣接するティース基部が互いに押し付け合う) による残留応力は低いほどモータ効率が高く、ティース柱部の幅は太いほど効率が低い。

## 【 0 0 3 8 】

このようなそれぞれのパラメータの効果があるため、これらを最適化することにより高い効率のモータを得ることができるのである。

## 【 0 0 3 9 】

モータの高い効率について更に詳しく述べる。

## 【 0 0 4 0 】

まず、ティースつば部の形状について、図 5 を用いて説明する。図 3 では、外側ベベリングが効率向上に効果があるという結果であったが、モータの品質を左右する特性として、コギングトルクが小さいことも重要な項目である。

## 【 0 0 4 1 】

外側ベベリングを設けた時のその外周の円弧のところの開き角度  $\theta 2$ （固定子コアの中心から見た円弧の範囲角度）と平坦傾斜部の角度  $\theta 3$ （固定子コアの中心から見た平坦傾斜部の範囲角度）とを対比し、その比率とコギングトルクの関係を調べた。

## 【 0 0 4 2 】

その比率が 0 から 0. 2 のときに急激にコギングトルクは減少し、0. 2 から比率が高くなるとゆるやかに減少している。よって、コギングトルクの低減には  $\theta 2 / \theta 3$  の比率は 0. 2 以上が望ましい。しかし、この比率は大きすぎると固定子コアの磁極に流入する磁束量の低下につながるため、大幅には大きくできない。一体型固定子コアのモータよりも効率を向上するための磁束量が確保できる 0. 7 5 を上限と決めこの比率は 0. 2 ～ 0. 7 5 が望ましいと判断した。

## 【 0 0 4 3 】

次に、スロットオープン入口スロット角度（幅）であるが、これは図 6 に示すように、インダクタンスと誘起電圧に関係するパラメータである。図 3 の傾向では、細すぎず太すぎずといったところに最適値があると判断したが、図 6 に示すインダクタンスと誘起電圧の関係からは  $\theta s$ （ティースつば部の端部間の隙間を固定子コアの中心から見たスロットオープン入口スロット角度）／ $\theta 1$ （ティースの配置間隔角度）の比率が 0. 0 4 ～ 0. 3 が最適範囲である。インダクタンスは大きいとトルクに無効な電流が発生し、損失となるため、小さく設定し、また、誘起電圧は高くとれる方がトルクを発生できるので、両者をバランスさせることが必要である。

## 【 0 0 4 4 】



固定子コアの軸心方向積厚  $t_1$  は、回転子磁石の軸心方向長さに比べて短くなるが、このときの最適値は図 7 に示すように  $t_1 / t_2$  が 0.6 ～ 0.9 となる場合が最適である。コア締結時の応力（隣接するティース基部が互いに押し付け合う応力）は、締結するための応力で必要であるが、大きすぎると応力歪によるコア鉄損の増加をまねく。実験結果より、50 MPa 以下の残留応力に設定することで鉄損の大幅な増加を防ぐことができる。

## 【0045】

さらに、固定コアの磁極の角度  $\theta_1$ （ティース柱部の外周側端部幅を固定子コアの中心から見たティース柱部幅角度）は図 9 に示すとおり、磁極ピッチ角度  $\theta_t$ （ティースの配置間隔角度）に対して 0.18 ～ 0.34 の範囲に設定することで高いモータ効率を得ることができる。

## 【0046】

加えて、固定子を制御基板に取り付けモータを組立てる際、回転子の磁極位置検出用のセンサが一般的にはスロットの中心部に配置され、モータ駆動する時の電流の切替を行うスイッチとするが、この位置に関しても最適値があると判断し、実験を行った。その結果を図 10 に示す。この結果から、磁極位置検出用センサは、前記スロットの中心を通る基準線より電流が進む方向へ電気角 ( $\theta_h$ ) で 10 ～ 20 度移動させた位置関係とすることで、ロバストで、高い効率を得ることがわかる。このため、分割コアを有する外転型モータの場合にはこの位置関係を用いることとした。

## 【0047】

このように本発明によれば、モータとしての性能を損なうことなく、高強度、高精度、高信頼性を得られ、コギングトルクの非常に小さい安価な外転型モータを得ることが可能となる。

## 【0048】

また巻線占積率が向上できるため、モータの一層の小型化が図れるうえ、コイルの発熱がすくなく、熱伝導率も高いので、より温度特性の良い外転型のモータが得られる。さらに分割してコアを構成するため、コアの材料からの歩留りが飛躍的に向上し、材料費を低減した安価なモータが得られる。

【 0 0 4 9 】

【発明の効果】

本発明によれば、モータ性能の良い分割コアモータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例に係わるもので、分割固定子コアを用いた外転型モータの基本的な構成を示す図である。

【図 2】

本発明の実施例に係わるもので、外転型モータの固定子コアの巻線占積率を説明する図である。

【図 3】

本発明の実施例に係わるもので、外転型モータの固定子コア形状パラメータとモータ効率の関係を調べた実験結果を示す図である。

【図 4】

本発明の実施例に係わるもので、ティースつば部形状の違いを説明する図である。

【図 5】

本発明の実施例に係わるもので、ティースつば部の円弧範囲角度と平坦傾斜部の範囲角度との比と、モータのコギングトルクとの関係を示す実験結果の説明図である。

【図 6】

本発明の実施例に係わるもので、ティースの配置間隔角度とスロット入口オープン角度との比と、インダクタンスおよび誘起電圧との関係を示す実験結果の説明図である。

【図 7】

本発明の実施例に係わるもので、外転型モータ固定子コア積厚と回転子磁石の軸方向長さの比とモータ効率の関係を調べた実験結果の説明図である。

【図 8】

本発明の実施例に係わるもので、外転型モータ固定子コアの締結応力とモータ

鉄損の関係を示す実験結果の説明図である。

【図 9】

本発明の実施例に係わるもので、ティース柱部の外周側端部幅とティースの配置間隔角度と、モータ効率の関係を示す実験結果の説明図である。

【図 1 0】

本発明の実施例に係わるもので、磁極位置検出用センサの位置関係とモータ効率との関係を示す実験結果の説明図である。

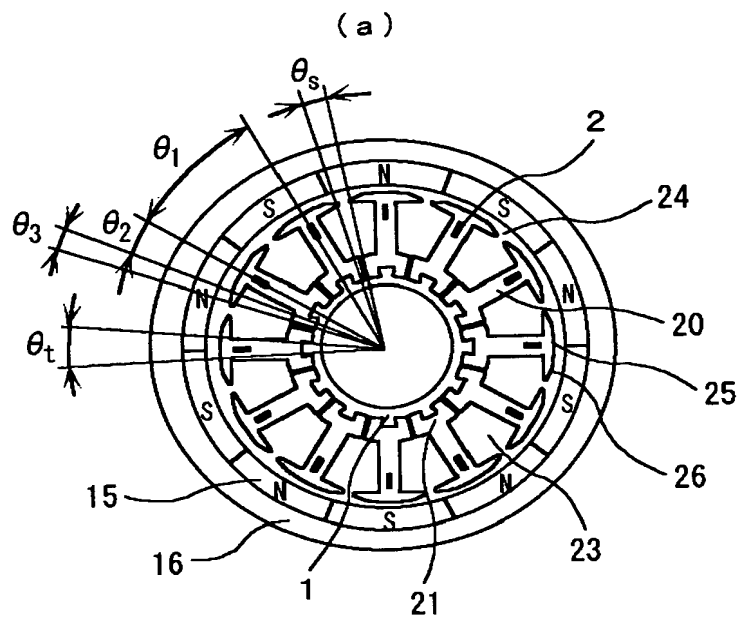
【符号の説明】

1…ハウジング、2…固定子コア、21…固定子コアコアバック部、23…スロット、24…スロットオープン、25…ティース先端円弧部、26…ティース先端傾斜部、 $\theta_s$ …スロットオープン角度、 $\theta_1$ …極ピッチ角度、 $\theta_2$ …ティース先端円弧部片側開き角度、 $\theta_3$ …ティース先端傾斜部開き角度、 $\theta_t$ …ティース幅角度、3…絶縁ボビン、4…電線（コイル）、15…回転子磁石、16…回転子ヨーク、30…ベアリング、31…ベース、32…モータ軸、33…とめ輪、34…制御基板、35…磁極位置検出センサ。

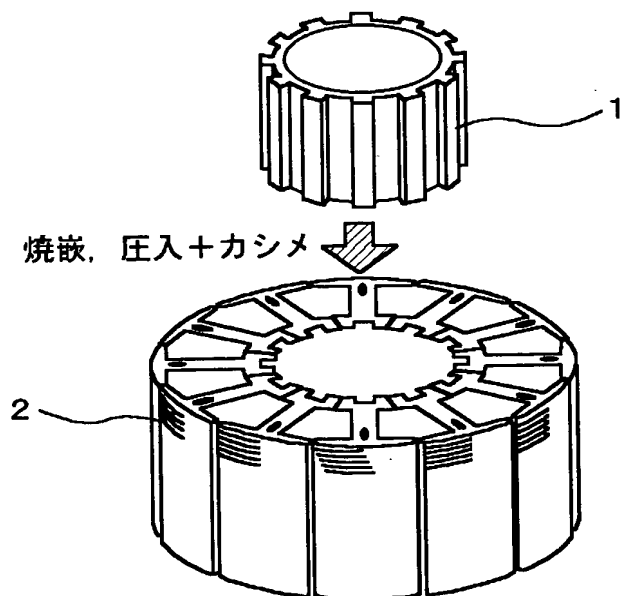
【書類名】 図面

【図 1】

図 1

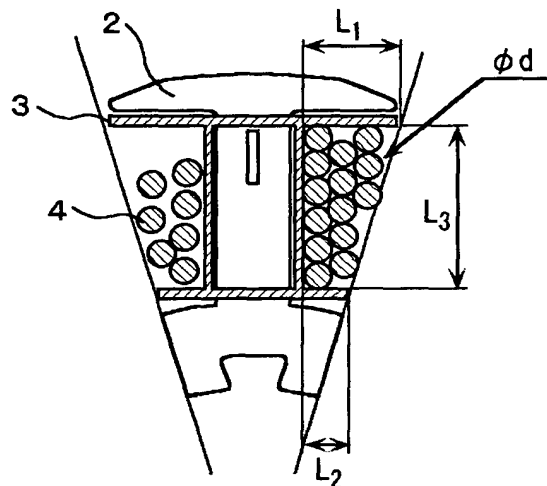


(b)



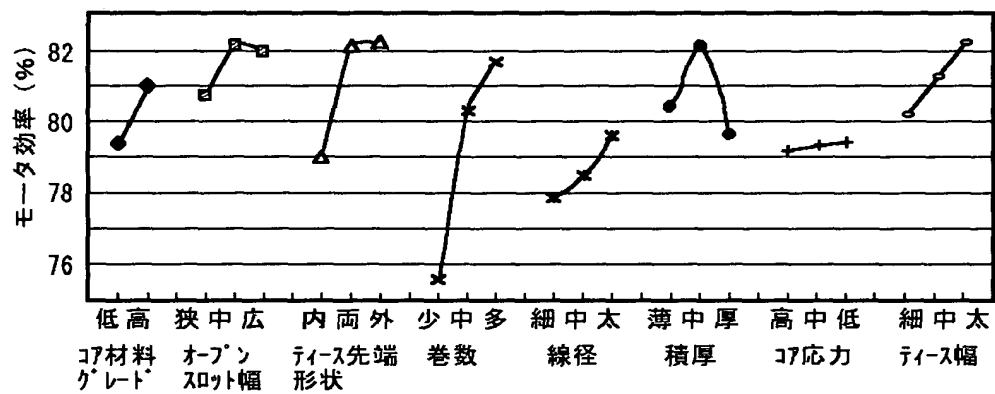
【図2】

図 2



【図3】

図 3



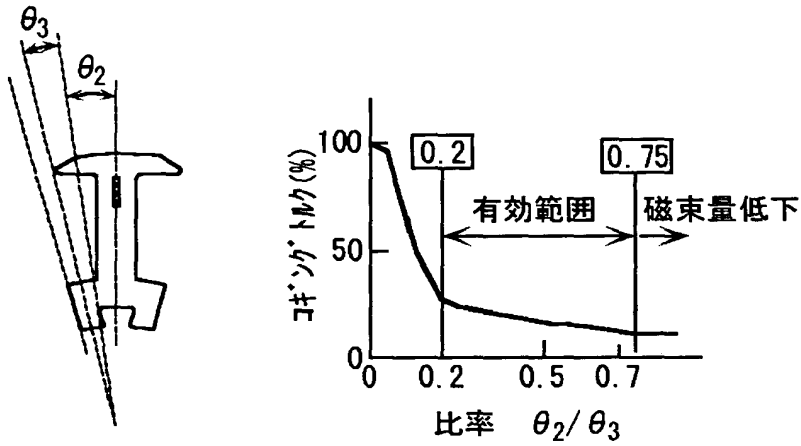
【図4】

図 4



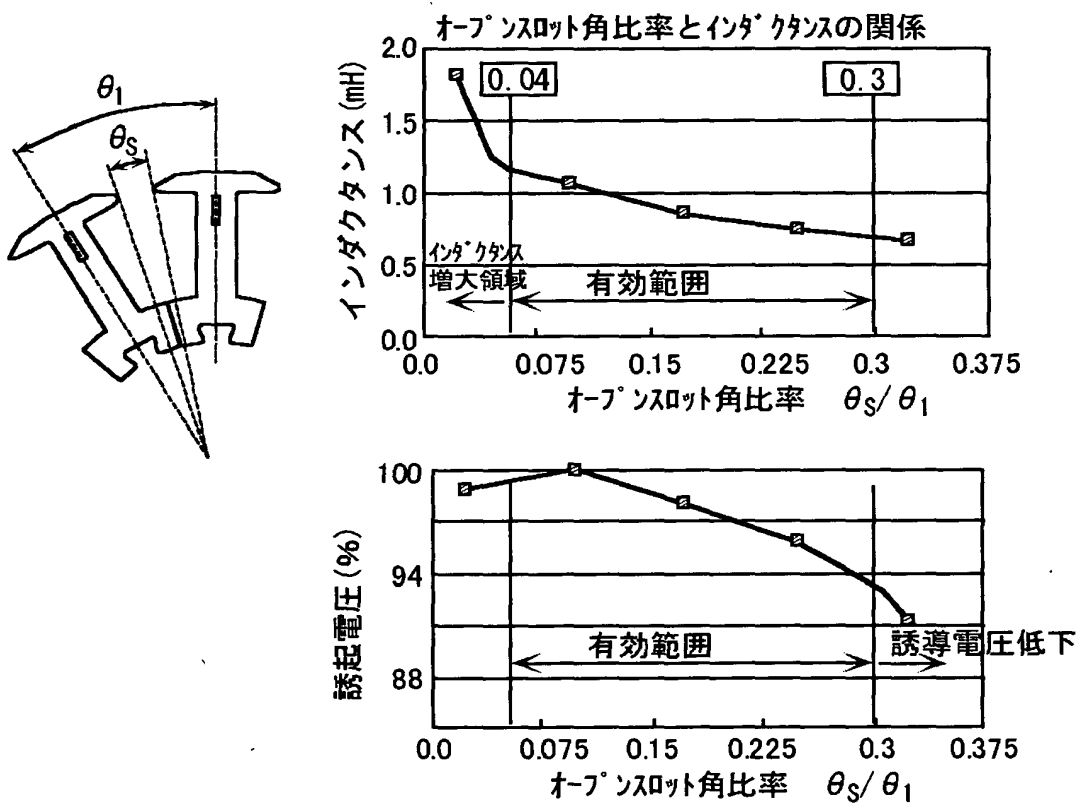
【図 5】

図 5



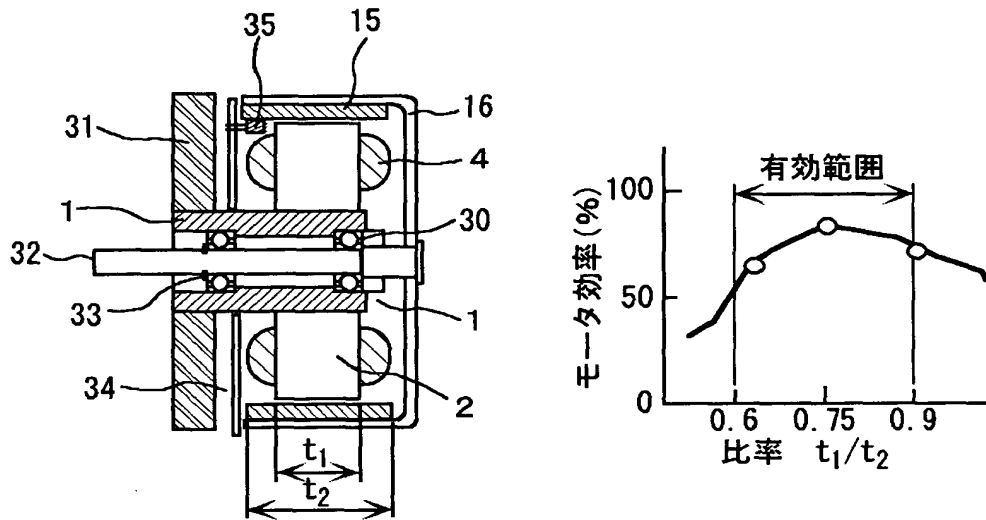
【図 6】

図 6



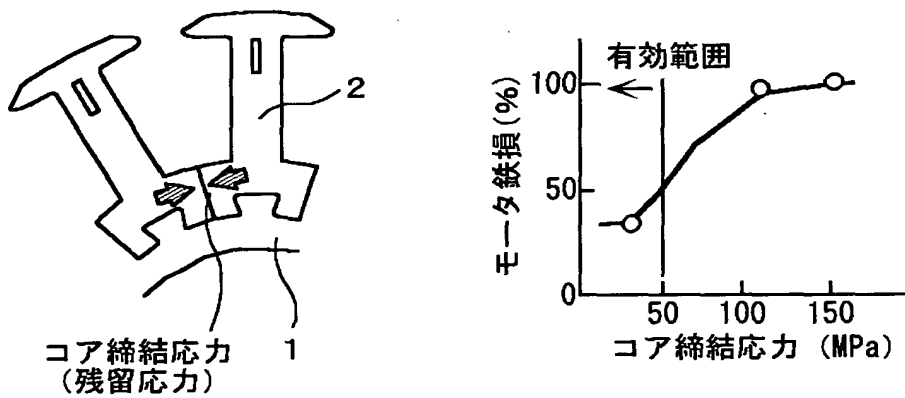
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



【図 9】

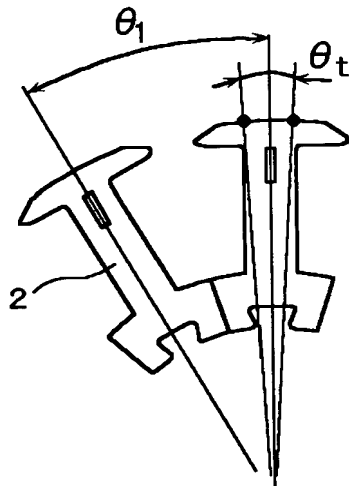
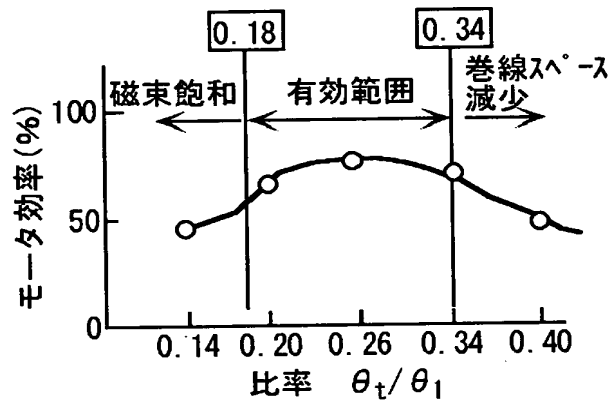


図 9



【図 10】

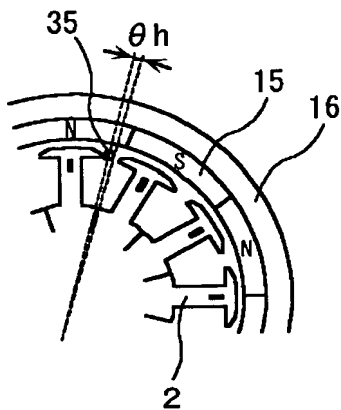
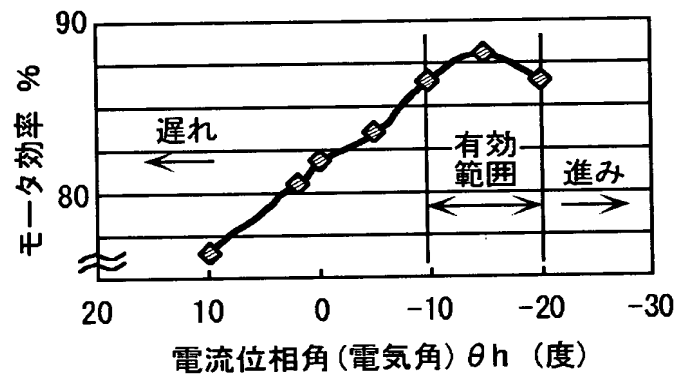


図 10





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】本発明は、外転型モータの分割されたコアを組立した固定子が最適性能を実現するために必要な固定子コア形状、及び巻線仕様を明確にし、高効率で小形のモータを提供すること。

【解決手段】複数の分割コア片を組み合わせて形成される固定子コアと、該固定子コアのスロットに巻装される固定子巻線の導体とを有する外転型モータにあって、導体の総有効断面積（絶縁等の被膜を含む）と、スロットの有効断面積との比率を0.5～0.8としたこと。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 1 0 8]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 6 番地

氏 名 株式会社日立製作所

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 2 2 8 7 3 0 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田美土代町 7
氏 名	日本サーボ株式会社